

ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MEJORA AMBIENTAL DEL SUBSUELO EN EL ENTORNO DE LOS JARDINS REMEDIOS VARO DE BARCELONA

- MA.3621.2021 -



ENERO 2023

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓ

1.1. ANTECEDENTES

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1. TRABAJOS DENTRO DEL EDIFICIO DE VIVIENDAS (APARCAMIENTO)

2.2. TRABAJOS FUERA DEL EDIFICIO DE VIVIENDAS

2.3. MODELO CONCEPTUAL

2.3.1. Afección

2.3.2. Medio

2.2.3. Verificación del suelo remanente

2.4. INSPECCIÓN DE PIEZÓMETROS Y MEDIDAS DE DICIEMBRE DE 2021

3. DISEÑO DEL PLAN DE ACTUACIÓN: ALTERNATIVAS

4. PLAN DE ACTUACIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

4.1.1. Objetivos

4.1.2. Trabajos previos de delimitación

4.1.3. Tecnologías recomendadas

4.1.4. Generalidades sobre la instalación de tratamiento

4.1.5. Generalidades sobre la operatividad

4.1.6. Red de sondeos propuesta

4.1.7. Diseño y características constructivas de los sondeos

4.1.8. Arquetas

4.1.9. Fase de tratamiento

4.1.9.1. Bombeo y separación de hidrocarburo

4.1.9.2. Inyección de agua caliente y bombeo y separación de hidrocarburo

4.1.9.3. Movilización con air-sparging y bombeo

4.1.9.4. Movilización forzada y tratamiento mediante reactivos

4.1.9.5. Bioremediación

4.2. ÁREA INDUSTRIAL

4.3. MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA ACTUACIÓN

5. PLAN DE TRABAJOS Y CRONOGRAMA

6. PRESUPUESTO

6.1. RED DE PUNTOS DE ACTUACIÓN

6.2. ÁREA INDUSTRIAL

6.3. OPERACIÓN – FASE 1: BOMBEO Y EXTRACCIÓN DE FASE LIBRE

6.4. OPERACIÓN – FASE 2: INYECCIÓN DE AGUA CALIENTE Y BOMBEO

6.5. OPERACIÓN – FASE 3: AIR-SPARGING Y BOMBEO

6.6. OPERACIÓN – FASE 4: MOVILIZACIÓN FORZADA Y BIOREMEDIACIÓN

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021



	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 



115-EC-SOL

Entitat Col·laboradora habilitada per la Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic

6.7. DESMONTAJE Y RESTAURACIÓN

6.8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

7. ANEXOS

7.1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LOS TRABAJOS DE DICIEMBRE DE 2021

7.2. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

1. INTRODUCCIÓN

El documento que se presenta a continuación constituye el informe de propuesta de actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo que **TECSOL** ha realizado a petición del **AJUNTAMENT DE BARCELONA**, de la zona de la Plaça de Jardins Remedios Varó de Barcelona, incluida la revisión del presupuesto asociado.

El emplazamiento se sitúa en los Jardins Remedios Varó y el parque del espacio Palo Alto en la confluencia del Passeig Taulat 223-235 con la calle Bac de Roda y calle Pellaires, de la ciudad de Barcelona.



Figura 1. Situación del emplazamiento

El objetivo de este documento es actualizar el plan de mejora ambiental de 2016, tanto en cuanto a su presupuesto como su alcance, teniendo en cuenta la experiencia de los trabajos en la zona cercana.

TECSOL está acreditada por la Dirección de Calidad Ambiental y Cambio Climático de la Generalitat de Catalunya como entidad de control en el ámbito sectorial de la Contaminación del suelo, con el número de inscripción al Registro de Entidades

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

Colaboradoras de Medio Ambiente 115-EC-SOL, en los ámbitos de investigación, análisis cuantitativo de riesgo y proyectos de descontaminación.

Para la valoración de la investigación de este documento se ha tenido en cuenta la legislación y normativa vigente. La recopilación de estos documentos se presenta en el **anexo 7.2.**

Mediante el desarrollo de los procedimientos de **TECSOL** listados en la **Tabla 1** se llegan a las conclusiones finales de este documento.

B1	Requisitos del Cliente
B20	Planificación de trabajos
B31_1	Recopilación de Datos
B31_3	Inspección visual
B31_4	Trabajos de Campo
B31_4_1	Registro de Coordenadas
B31_5_1	Interpretación de Campo
B31_5_2	Interpretación Analítica
B31_5_3	Edición de Figuras
B31_6	Programa de vigilancia
B33	Fase PD
B33_1	Diseño de Descontaminación
B33_2	Redacción Informe PD
C4	Mantenimiento, ajuste, verificación y calibrado

Tabla 1

TECSOL dispone de una política que garantiza el cumplimiento de los requisitos de independencia e imparcialidad en sus actuaciones de inspección para que no existan elementos externos que influyan en los resultados presentados en este documento. Por este motivo, **TECSOL** utiliza todos los medios a su disposición para asegurar el compromiso de independencia e imparcialidad.

TECSOL confirma la compatibilidad como organismo de inspección con los clientes en los que presta el servicio, así como la ausencia de vinculaciones personales entre el personal de **TECSOL** y el cliente.

El personal de **TECSOL** involucrado en este proyecto se compromete por escrito a la confidencialidad de la información presentada en este documento.

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 

1.1. ANTECEDENTES

En octubre de 2015 la **AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA** (ARC en adelante) emite un informe técnico de valoración de la calidad del suelo en el emplazamiento del edificio de viviendas del Passeig Taulat 223-235 de Barcelona dentro del expediente informativo Q0503/2010/64 (SC 925/1-jb). En este informe se requiere a **VALLEHERMOSO** y al **AYUNTAMIENTO DE BARCELONA** que presenten diferentes documentos, entre los que se incluye una propuesta de mejora ambiental para la extracción del fuel sobrenadante de las zonas afectadas.

Este documento (PLA DE MILLORA AMBIENTAL DEL SUBSÒL A L'ENTORN DE L'EDIFICI D'HABITATGES DEL PASSEIG TAULAT 223-235 DE BARCELONA, PER A DONAR COMPLIMENT A L'EXPEDIENT DE DESCONTAMINACIÓ DE SÒLS REQUERIT PER L'AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA (ARC), AMB REFERÈNCIA. SC-925/1-JB) se presentó el 4 de febrero de 2016, junto con la empresa **VALLEHERMOSO** que se encargaría de las actuaciones de extracción de fuel sobrenadante en la zona correspondiente al edificio de Passeig Taulat 223-235.

No obstante, posteriormente se decidió que las actuaciones se harían de forma independiente; es decir, el **AYUNTAMIENTO DE BARCELONA** se encargaría de la afección en la zona de la Plaça de Jardins Remedios Varó y **VALLEHERMOSO** en la del edificio.

Aparte de dividir las actuaciones previstas en el plan, el documento es antiguo (2016) y es por ello que se solicita su actualización.

En cumplimiento con el Decreto 60/2015, estos trabajos deben ser elaborados por una entidad de control habilitada en el ámbito sectorial de la Prevención de la Contaminación del Suelo (EC-SOL) y el subcampo de actuación Proyecto de Descontaminación (PD).

Por otro lado, **VALLEHERMOSO** está realizando desde hace tiempo la recuperación del subsuelo en la zona correspondiente al edificio del Passeig Taulat 223-235, por lo que se dispone de datos que son de interés para la actualización del plan de actuación en la zona de la Plaça de Jardins Remedios Varó de Barcelona.

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

TECSÒL. Assessoria tècnica del sòl, S.L. · NIF B-61847091 ·

C/ Fontanella, 20. 4art. E.-08010 Barcelona · Telf. 93 412 39 69 / Via Lacetània s/n ·25300 Tàrrrega · Telf. 973 50 02 76

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
	Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601 Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN El secretari

2. TRABAJOS REALIZADOS

En este capítulo se resumen los trabajos de prospección realizados históricamente y se expone finalmente el modelo conceptual de la contaminación, según la información incluida y valorada en el plan de actuación elaborado por **TUBKAL INGENIERIA** con fecha de febrero de 2016. Para mayor comprensión, en la **figura 2** se muestran los puntos de prospección realizados.

2.1 TRABAJOS DENTRO DEL EDIFICIO DE VIVIENDAS (APARCAMIENTO)

Los trabajos de prospección dentro del edificio de viviendas fueron contratados por **VALLEHERMOSO** a la empresa COMEI en abril de 2014. En resumen, se realizaron los siguientes trabajos.

- Perforación e instalación de 6 piezómetros de entre 3,8 y 5,0 m de profundidad.
- Ensayos hidráulicos.
- Ensayos de recuperación de la fase libre.

Se debe destacar además que anteriormente la empresa VALLEHERMOSO realizó entre 2005 y 2007 diferentes trabajos de saneamiento de la parcela durante la fase de excavación previa a la posterior construcción del edificio de viviendas. La excavación fue hasta 4 m de profundidad en una superficie de 4.839 m². En resumen, los trabajos realizados fueron los siguientes:

- Se desmantelaron 2 depósitos de obra enterrados, que contenían restos de fuel mezclados con agua; gestionando 13.5 m³ de hidrocarburos.
- Se excavaron y gestionaron en un depósito de residuos no peligrosos un total de 8.222 toneladas de suelo con hidrocarburos.
- Se trataron mediante separación y tratamiento biológico más de 35.000 m³ de aguas contaminadas por hidrocarburos.

?

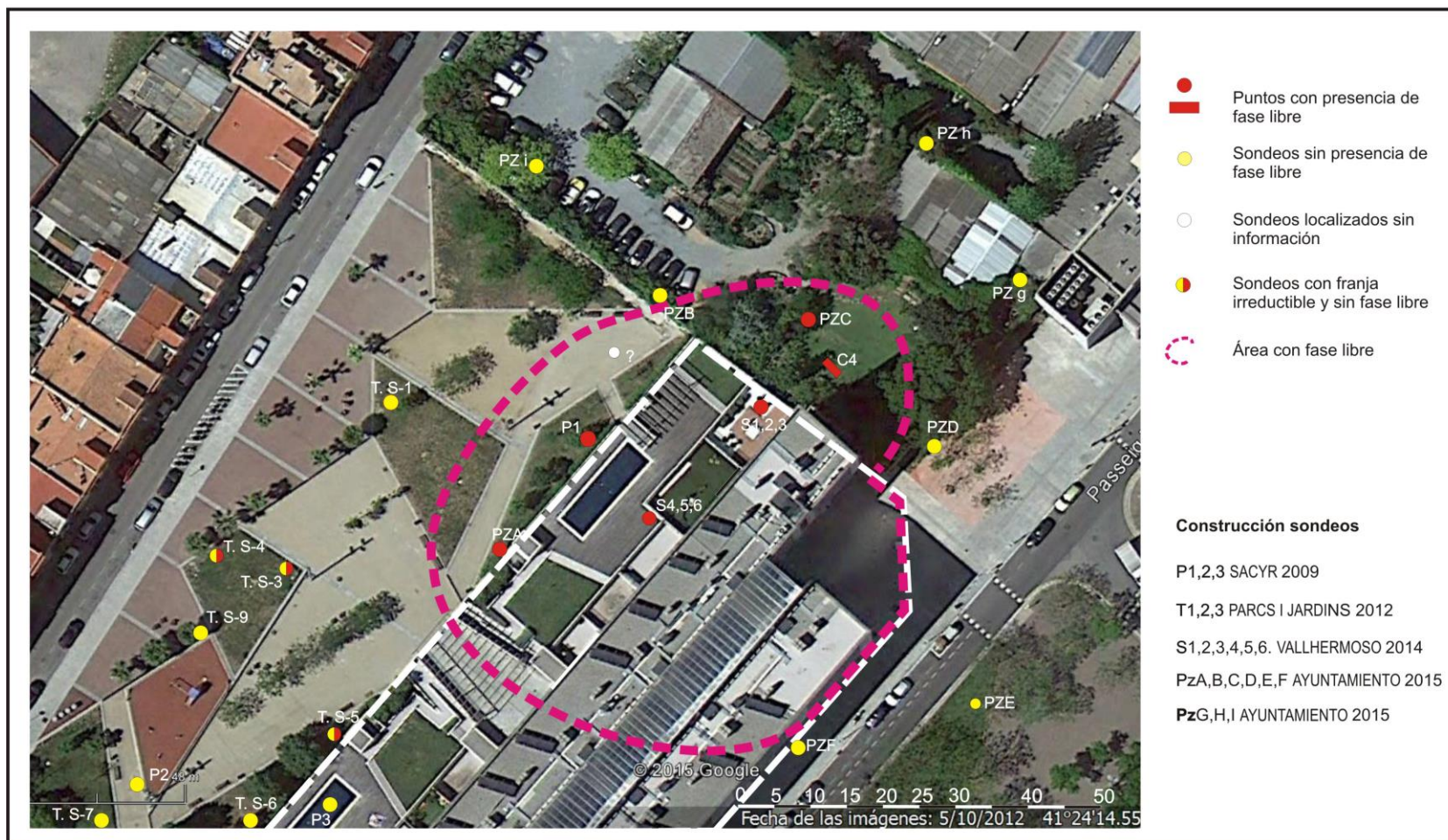


Figura 2. Situación de los sondeos y catas de prospección. Zona con producto libre.

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

TECSÒL. Assessoria tècnica del sòl, S.L. · NIF B-61847091 ·

C/ Fontanella, 20. 4art. E.-08010 Barcelona · Telf. 93 412 39 69 / Via Lacetània s/n ·25300 Tàrrrega · Telf. 973 50 02 76

2.2. TRABAJOS FUERA DEL EDIFICIO DE VIVIENDAS

Los trabajos de prospección en el exterior del edificio de viviendas se realizaron en diferentes fases.

El año 2012 PARCS I JARDINS DE BARCELONA contrató a la empresa TECSOL un estudio de la calidad del suelo en la plaza de Jardins Remedios Varó. En resumen, se realizaron los siguientes trabajos.

- Perforación e instalación de 10 piezómetros de 5 m de profundidad máxima.
- Análisis en laboratorio de 10 muestras de suelo y 10 muestras de agua.

Posteriormente, en 2015 el AYUNTAMIENTO contrató a la empresa DAC ENVIRO el estudio de calidad del suelo en el entorno inmediato del edificio de viviendas; en concreto al W de la plaza, al S del espacio denominado Palo Alto y al E del Passeig Taulat. En resumen, se realizaron los siguientes trabajos, también en dos fases (marzo de 2015 y diciembre de 2015):

- Prospección con 4 catas de 4 m x 2 m y 2,5 m de profundidad.
- Perforación e instalación de 9 piezómetros de entre 6 y 8 m de profundidad.
- Análisis en laboratorio de 13 muestras de suelo y 6 muestras de agua.
- Caracterización como residuo de 3 muestras compuestas de suelo.
- Estudio geofísico¹, con el estudio de 13 áreas mediante perfiles de conductividad electromagnética.

¹ Estudio realizado por Servicio de Geofísica Aplicada del Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

2.3 MODELO CONCEPTUAL

2.3.1 Afecció

En el subsuelo del emplazamiento se detecta una afecció por fuel degradado.

Según la información facilitada, su origen está en dos tanques enterrados ya desmantelados de una antigua empresa de almacenaje y distribución de fueloil. La actividad histórica en el emplazamiento de la empresa “**PROPAGADORA DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO SA**” se inició en 1955 y finalizó el año 2003. Las instalaciones contaban con dos tanques enterrados de hormigón, de 150 t de capacidad, y dimensiones aproximadas 7 m x 5 m y 4,25 m de profundidad, desde donde se cargaban los vehículos cisterna para el transporte de fueloil. Según los datos disponibles históricamente:

- El suelo está impactado por hidrocarburos en un tramo de 2,5-3,0 m de espesor en Jardins Remedios Varó y parque del espacio Palo Alto (entre 2,5 y 5,0 m de profundidad).
- La presencia de fase libre sobrenadante afectaría una superficie aproximada de unos 1.000 m², en el sector noroeste de la plaza Jardins Remedios Varó (aproximadamente 600 m²) y en el límite suroeste del recinto Palo Alto (de unos 400 m²), en la parcela del Carrer Pellaires 30.

El hidrocarburo capturado no irreductible entre la estructura granular de las arenas se moviliza durante la dinámica de ascenso-descenso del nivel del agua. Ese proceso de movilización genera procesos continuos de liberación y captura, que provocan variaciones temporales en el espesor de la fase libre.

El producto sobrenadante detectado es altamente viscoso; aunque una pequeña parte, más ligera y móvil, presenta un aspecto menos viscoso y de coloración menos intensa.

2.3.2 Medio

El subsuelo está constituido por una unidad superficial de relleno antrópico, con un grueso entre 1,2 y 2,6 m, sobre el terreno natural constituido por arenas medias a gruesas; en el área del aparcamiento, la losa de hormigón descansa sobre la formación de arenas.

La cota del nivel del agua subterránea se sitúa alrededor de 0,5-1,0 msnm (2,5-3,0 m de profundidad respecto la superficie del suelo en la zona). Las variaciones máximas de nivel están marcadas justamente por el espesor de la franja contaminada que es de aproximadamente de 3 m, no obstante, las fluctuaciones en observadas en los tres últimos años han sido de un metro².

² En el informe del Ajuntament de Barcelona anexo al informe de DAC ENVIRO de abril de 2015 se incluye un gráfico de evolución de la cota del nivel freático desde el año 2000 hasta el 2010 de un punto de medida mensual de nivel de agua (MACS), situado a unos 300 m de distancia, en la Plaça Ramon Calsina. Según estos datos el nivel de agua se sitúa en los últimos 3 años entre 0 msnm y 1 msnm.

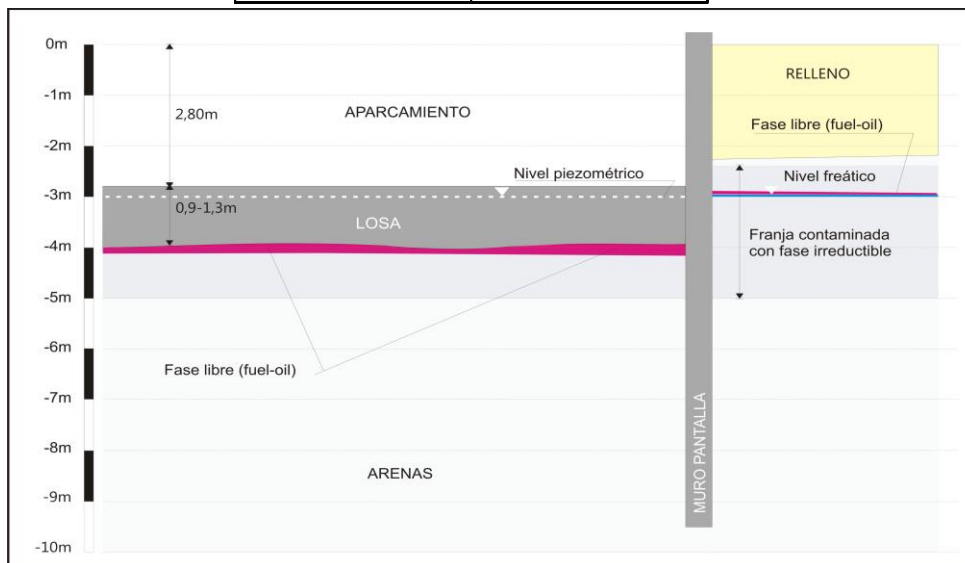


Figura 3. Modelo conceptual. Perfil.

Los ensayos hidráulicos indican una transmisividad del acuífero de 35-45 m²/día (punto S2 dentro el aparcamiento, de abril de 2014) y una porosidad próxima a 0,15 (15%).

2.4 INSPECCIÓN DE PIEZÓMETROS Y MEDIDAS DE DICIEMBRE DE 2021

El día 16 de diciembre de 2021, un técnico de **TECSOL** habilitado por la OAEC llevó a cabo una inspección visual de dichas parcelas.

A partir de los datos proporcionados por el cliente y **BCASA**, en concreto, de un plano con la ubicación prevista de los diferentes piezómetros instalados, y de las explicaciones in-situ por parte de un técnico de **BCASA**, se llevó a cabo una inspección visual con el objetivo localizar el máximo número posible de piezómetros y, siempre que se pudiera, tomar medidas de las cotas de nivel freático y comprobar la existencia o no de fase libre.

Del total de dieciocho piezómetros instalados, se pudieron localizar seis, de los cuales sólo se pudo tomar medidas en tres de ellos. Los doce piezómetros restantes no pudieron ser localizados. En la **figura 4** se puede ver la ubicación de todos ellos.

En cuanto a los seis piezómetros localizados, solo el **PZg**, situado en el interior de la parcela del Mercado de Palo Alto, se encontraba en buen estado, de manera que se pudo tomar correctamente la medida de nivel freático (3,07 m) y de la profundidad del piezómetro (6,22 m). Durante la medida, no se detectaron olores ni la presencia de fase libre.

El piezómetro **P2** se localizó y se pudieron tomar medidas correctamente, aunque no se pudo llegar al nivel freático, lo que probablemente indica que el piezómetro está roto u obstruido a 2,9 m de profundidad.

Las medidas de las cotas del nivel freático se llevaron a cabo con una sonda de interfase marca SOLIST, modelo 122, siendo verificada previamente a su uso.

De los 4 piezómetros localizados pero no medidos, el **PZA** no disponía ni de arqueta ni de tapón. También se encontraba lleno de hojas y piedras y completamente cubierto de tierra y vegetación, de modo que estaba obstruido y la sonda no pudo penetrar más de medio metro en el interior del piezómetro.

Los piezómetros **T.S-1** y **?** sí que disponían de arqueta, aunque esta era más pequeña de lo habitual. Las arquetas estaban en mal estado, con restos de óxido tanto en la tapa como en el cierre, el cual estaba desgastado, de modo que la llave "allen" no encajaba correctamente, razón por la cual no se pudieron abrir las arquetas.

Además, el piezómetro **?** se encontraba en el interior de la planta de separación de hidrocarburos, mostrando restos de hidrocarburo en superficie e indicios de corrosión.

El piezómetro **PZE** se localizó aparentemente en buen estado, aunque no se pudo abrir, ni con la ayuda de una maza, debido a que el cierre estaba encallado.

En la siguiente tabla se puede ver un resumen del estado de los piezómetros, y en el **anexo 7.1.** el reportaje fotográfico de los trabajos realizados.

PIEZÓMETRO	LOCALIZADO	COTA NIVEL FREÁTICO (m)	PROFUNDIDAD PIEZÓMETRO (m)	FASE LIBRE	OBSERVACIONES
?	SÍ	-	-	-	Arqueta desgastada, no se puede abrir
P1	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
P2	SÍ	-	2,9	NO	Parece obstruido antes de llegar al NF
PZA	SÍ	-	-	-	Localizado sin arqueta ni tapón. Está inutilizado (obstruido)
PZB	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
PZC	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
PZD	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
PZE	SÍ	-	-	-	Arqueta encallada, no se puede abrir
PZg	SÍ	3,07	6,22	NO	En buen estado
PZh	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
PZi	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
T.S-1	SÍ	-	-	-	Arqueta desgastada, no se puede abrir
T.S-3	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
T.S-4	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
T.S-5	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

PIEZÓMETRO	LOCALIZADO	COTA NIVEL FREÁTICO (m)	PROFUNDIDAD PIEZÓMETRO (m)	FASE LIBRE	OBSERVACIONES
T.S-6	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
T.S-7	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación
T.S-9	NO	-	-	-	No localizado/cubierto por vegetación

Tabla 2

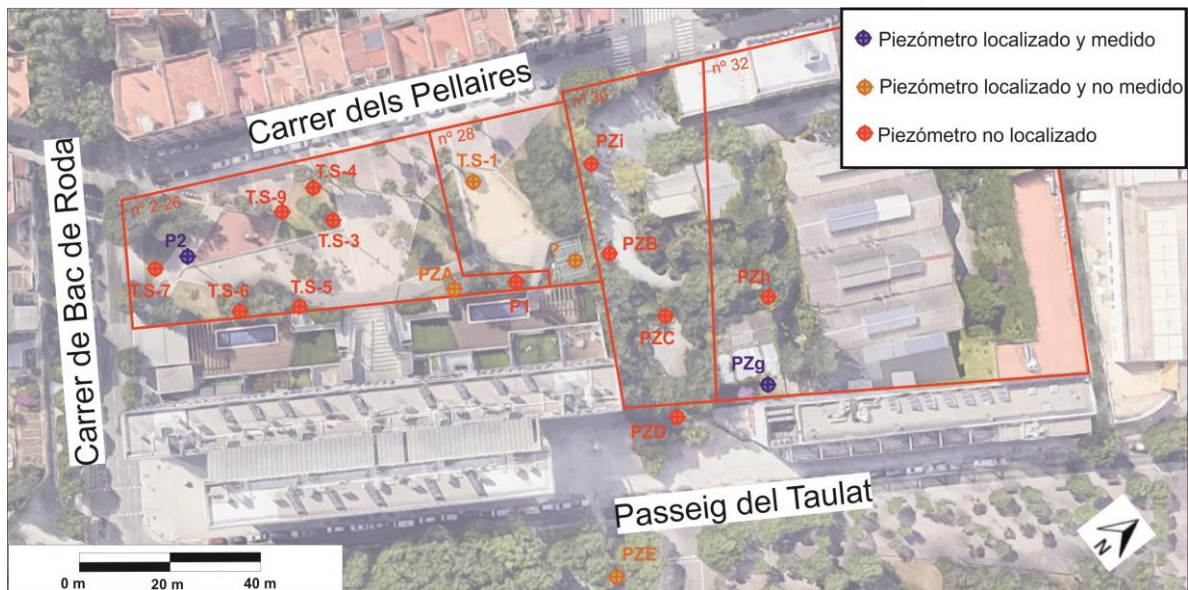


Figura 4. Situación actual de los piezómetros

3. DISEÑO DEL PLAN DE ACTUACIÓN: ALTERNATIVAS

Dentro del diseño del plan de trabajos para la eliminación de la fase libre en el subsuelo del emplazamiento, se han valorado diferentes alternativas que se describen brevemente a continuación.

Recordamos que el objetivo de las actuaciones descritas se limita a la extracción de la fase libre, lo que debe contemplar la reducción del hidrocarburo movilizable que afecta al tramo de oscilación del nivel freático, para evitar la potencial movilización y aparición de fase libre en el futuro.

El proceso de fluctuación del nivel del agua genera procesos de liberación y captura, que provocan variaciones temporales en el espesor de la fase libre. Las oscilaciones de espesor en la fase libre están relacionadas con la dinámica natural del agua/hidrocarburo y por tanto el tramo contaminado debe ser tratado para evitar futuras apariciones de fase libre una vez eliminada ésta.

a) Excavación de tierras y bombeo de la fase libre

La excavación de tierras es factible en la zona. En el informe de DAC ENVIRO de abril de 2015 se describe esta alternativa³.

b) Tratamiento con técnicas *in-situ* para la extracción de la fase libre y reducción del hidrocarburo movilizable

Las alternativas y técnicas existentes para el tratamiento *in-situ* del suelo contaminado por hidrocarburos son abundantes y están ampliamente contrastadas. En el documento de TUBKAL INGENIERIA de febrero de 2016 propone la aplicación de algunas de ellas, que en conjunto suponen una actuación enérgica y expeditiva sobre la totalidad de la franja contaminada. A la vez no resultan tan aparatosas y son más económicas que el tratamiento *off-site*.

La primera fase de la actuación debe centrarse en la extracción de la fase libre más fácilmente movilizable, mediante bombeo.

El resto de las técnicas propuestas tienen como objetivo movilizar el fueloil, dado que su viscosidad se presenta como el inconveniente más grave.

³ Tal como se describe en el capítulo 5 del informe de DAC ENVIRO de abril de 2015, se propone una actuación en dos fases (la primera para el sector del parque pública y la segunda para el sector de Palo Alto), que incluye:

- Excavación selectiva del suelo no afectado hasta 1,0-1,5 m por encima del nivel máximo del agua subterránea.
- Ejecución de una pantalla hasta 5,5 m de profundidad a unos 15-20 m de distancia del edificio de viviendas; con 40 m en el sector del parque pública y 55 m en el sector de Palo Alto.
- Excavación del suelo y extracción de la fase libre y gestión como residuo.
- Aplicación de polímeros y aditivos acelerantes del proceso natural de degradación de los hidrocarburos en el suelo.
- Instalación de red preventiva de drenaje de fondo e instalación de 9 puntos de extracción.
- Relleno con áridos y restitución del espacio a su estado natural.

Se plantea la utilización de técnicas de movilización forzada como son la inyección de aire comprimido (*air-sparging*), la aplicación de soluciones surfactantes, el tratamiento térmico y la bioestimulación - bioremediación.

- El aire a presión permitirá movilizar hidrocarburo retenido en la porosidad del suelo. Además, como efecto secundario, se aumentará el oxígeno disuelto en el agua subterránea, aumentando los procesos naturales de degradación biológica.
- Según un estudio del fueloil vertido en el episodio del Prestige, un incremento de 5°C supone una disminución de la viscosidad a una cuarta parte (de 10 a 15°C) o la mitad (de 15 a 20°C).

Estas técnicas deberían implementarse cuando la eficiencia de extracción física del producto disminuya.

d) Dispositivo de actuación

Se han desestimado actuaciones mediante sondeos o drenes horizontales y zanjas; fundamentalmente por su potencial ineficiencia delante de una variación importante del nivel del agua. Así pues, se valora más adecuado actuar mediante sondeos o puntos de actuación verticales, con una red densa de puntos que permita reducir el tiempo de la actuación y asegurar la eliminación del hidrocarburo hasta valores satisfactorios en toda la franja contaminada.

4. PLAN DE ACTUACIÓN ACTUALIZADO

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

4.1.1 Objetivos

Como ya se ha expuesto anteriormente, el área exterior del edificio afectada por la presencia de fase libre es de unos 1.000 m²: 600 m² en la zona del parque y 400 m² en los jardines del espacio Palo Alto. Ver Figura 2. Estas superficies deberán ser acotadas de forma más precisa durante la realización de los sondeos.

El objetivo del plan de actuación es la eliminación del hidrocarburo que afecta al tramo de oscilación del nivel freático de casi 3 m de espesor y que presenta una fina capa de fase libre sobre el nivel freático.

4.1.2 Trabajos previos de delimitación

En la **Figura 2** adjunta se muestran los sondeos realizados hasta la fecha con información medioambiental.

Como puede observarse existen áreas donde la distancia entre los puntos con presencia de fase libre y los puntos sin producto sobrenadante es algo excesiva (Palo Alto); mientras que en otras zonas (sector oriental del parque) quedan dudas sobre la propia existencia de fase libre. La línea roja engloba el área donde se ha detectado fase libre de forma inequívoca y la línea blanca señala el área donde en los sondeos se reconoció la afección de suelo por la presencia de tramos con hidrocarburo en fase irreductible, sin que se hiciera mención a la fase libre.

La delimitación debería ser más precisa y, por esta razón, en este documento se incluyen 7 sondeos perimetrales (ver **figura 5**), cuyo objeto es delimitar, con el detalle que requiere el caso, la zona afectada; es decir, con presencia de fase libre. Estos sondeos serán instalados igual que los sondeos para tratamiento, al objeto de ser incluidos en la red de limpieza si es preciso.

4.1.3 Tecnologías recomendadas

Las tecnologías que se plantean en este documento técnico incluyen el bombeo y tratamiento del agua hidrocarburada (*pump&treat*), tratamiento térmico, la movilización forzada del hidrocarburo mediante borboteo de aire (*air-sparging*), reactivos específicos (surfactantes), así como el tratamiento final con biorremediación.

Con la densidad de sondeos, las características hidráulicas del medio, y el paquete de técnicas complementarias entre sí, se conseguirá un efecto expeditivo sobre la franja de terreno contaminada y, como consecuencia, no solo se extraerá la fase libre sobrenadante actualmente, sino que se minimiza el riesgo de nuevas apariciones de producto.

Tal como se expone más adelante, la movilización y la extracción de hidrocarburo mediante sondeos de la franja de subsuelo contaminada, requiere una red densa, que se propone con una malla aproximada de 5 m.

Durante la fase de construcción de los sondeos se irán precisando con el detalle suficiente la distribución del contaminante y el área afectada y, en función de esa información, se valorarán los sectores que precisan mayor o menor esfuerzo en el posterior tratamiento.

Además, es de prever que durante la perforación de los mismos se movilice también parte del hidrocarburo pasando a fase libre, dado que éstos se realizan con el uso de aire a presión.

4.1.4 Generalidades sobre la instalación de tratamiento

La extensión de la zona contaminada y el elevado número de sondeos que se propone requerirá dividir la zona contaminada a tratar en diferentes sectores de trabajo, aunque la instalación industrial necesaria y las fases de tratamiento sean las mismas para cada uno de estos:

- a) Parque público con 25 sondeos (más 3 perimetrales) y 600 m² aproximadamente
- b) Palo Alto con 19 sondeos (más 2 perimetrales) y 400 m² aproximadamente.
- c) Passeig Taulat 2 perimetrales.

El conjunto de sondeos estará conectado de forma individual al área industrial mediante un sistema de conducciones que permitirán efectuar todas las tareas de tratamiento previstas.

Cuando la tecnología a aplicar requiera inyecciones de aire u otros productos líquidos, la red permitirá utilizar las mismas tuberías, simplemente invirtiendo el sentido de flujo en las bombas o conectándolas al compresor. La instalación será estanca y estará preparada para trabajar a presión positiva o negativa.

Se propone ubicar el área industrial en la zona N-E de parque Jardins Remedios i Varo.

El área industrial está diseñada para poder satisfacer las necesidades máximas de cada estrategia, o sea hasta 25 puntos de aspiración o inyección simultáneos, se trate de agua, aire o reactivos.

El área industrial, que incluye depósitos desarenador, separadores de hidrocarburos, sistema de generación de agua caliente, el sistema de evacuación del agua tratada, los tanques para soluciones y los mecanismos de alarma y control será la misma para todas las actuaciones previstas. El control y regulación de caudales, presiones y calidad se centralizará en el área industrial, tanto en modo extracción como inyección; lo cual exigirá presencia de personal especializado durante los cambios de estrategia y al inicio de la actividad en cada área de trabajo.

4.1.5 Generalidades sobre la operatividad

Se considera inviable abordar una actuación única a través de la red completa de puntos de recuperación, por las siguientes razones:

- Sería necesaria la instalación de un área industrial 4-5 veces superior a la propuesta en este documento.
- Requeriría una supervisión y un mantenimiento inabordable, ya que la operación incluye la regulación y el control de más de 50 puntos de actuación simultáneos.
- Se perdería la visión a la escala que requiere el caso. Es preciso el análisis por parte de expertos capaces de modificar la actuación de un sector a otro, cada vez que sea necesario.

Es por ello que la descontaminación se abordará en 3 sectores (parque público, espacio Palo Alto y Passeig Taulat).

Finalmente, para evitar problemas de ruidos y potenciales quejas de los vecinos, se propone que el horario de trabajo sea diurno (8 - 20 h), parando las instalaciones durante la noche.

Cabe indicar que, si se observa que se puede trabajar en continuo en el sector exterior, los plazos de actuación pueden disminuir sustancialmente.



Figura 5. Sondeos de investigación disponibles y propuesta de 7 sondeos perimetrales

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

TECSÒL. Assessoria tècnica del sòl, S.L. · NIF B-61847091 ·

C/ Fontanella, 20. 4art. E.-08010 Barcelona · Telf. 93 412 39 69 / Via Lacetània s/n · 25300 Tàrraga · Telf. 973 50 02 76

4.1.6 Red de sondeos propuesta

Se plantea una red de sondeos suficientemente densa con el objetivo de conseguir la máxima eficacia. El diseño también responde a la necesidad de acceder al medio evitando movilizar grandes caudales de agua, lo cual permite la máxima eficacia en el bombeo y el tratamiento, ajustando el tiempo de actuación y los costes.

A falta de datos hidráulicos en el exterior, para estimar la distancia media entre puntos se han extrapolado los datos obtenidos en ensayos de bombeo realizados por TUBKAL INGENIERIA en el interior del aparcamiento, las cuales han permitido acotar las principales constantes hidráulicas en:

- Transmisividad: 50-100 m²/día,
- Caudal específico: 0,2-0,3 m³/h/m
- Porosidad: 10-15%.
- Descenso a 2,5 m del punto bombeo (q=1,8 m³/h): 0,3 m

La trasposición de las constantes hidráulicas desde el interior del aparcamiento, aún teniendo condiciones de confinamiento dentro y libre fuera, se han podido realizar dado que la relación descensos - espesor de acuífero lo permite.

Así pues, desde un punto de vista práctico se estima un radio efectivo de 2,5 m; lo que se traduce en una distancia de la red de puntos de 5 m.

Por otra parte, para el tratamiento con aire (*air sparging*) se estiman radios de eficiencia del orden de 2 a 5 m; en este caso el radio de 2,5 m es un valor pesimista, lo cual asegura su eficacia.

La red de puntos establecida en este documento (ver **Figura 6**) deberá ser replanteada en campo en colaboración con técnicos del Ayuntamiento. De todas formas, la implementación de los sondeos, todo y siendo compleja, es notoriamente menos conflictiva y respetuosa medioambientalmente que otras opciones.

La extensión de la zona contaminada (1.000 m²) y el elevado número de sondeos que se propone, requerirá dividir la zona contaminada a tratar en tres áreas de trabajo:

- d) Parque público con 25 sondeos (más 3 perimetrales) y 600 m² aproximadamente
- e) Palo Alto con 19 sondeos (más 2 perimetrales) y 400 m² aproximadamente.
- f) Passeig Taulat 2 perimetrales.

4.1.7 Diseño y características constructivas de los sondeos

La **Figura 7** muestra un esquema de las fases constructivas y el dimensionamiento de los sondeos. Como puede observarse los sondeos están diseñados para poder utilizar diferentes estrategias y tecnologías:

- Bombeo con pequeños descensos para eliminación de la fase libre.
- Bombeo de agua para descensos mayores al objeto de movilizar fase libre sin extracción de hidrocarburo.
- Inyecciones de reactivos y aire pudiendo elegir los tramos de interés.
- Bombeo e inyección simultánea en un solo sondeo, etc.



Figura 6. Red de sondeos propuesta

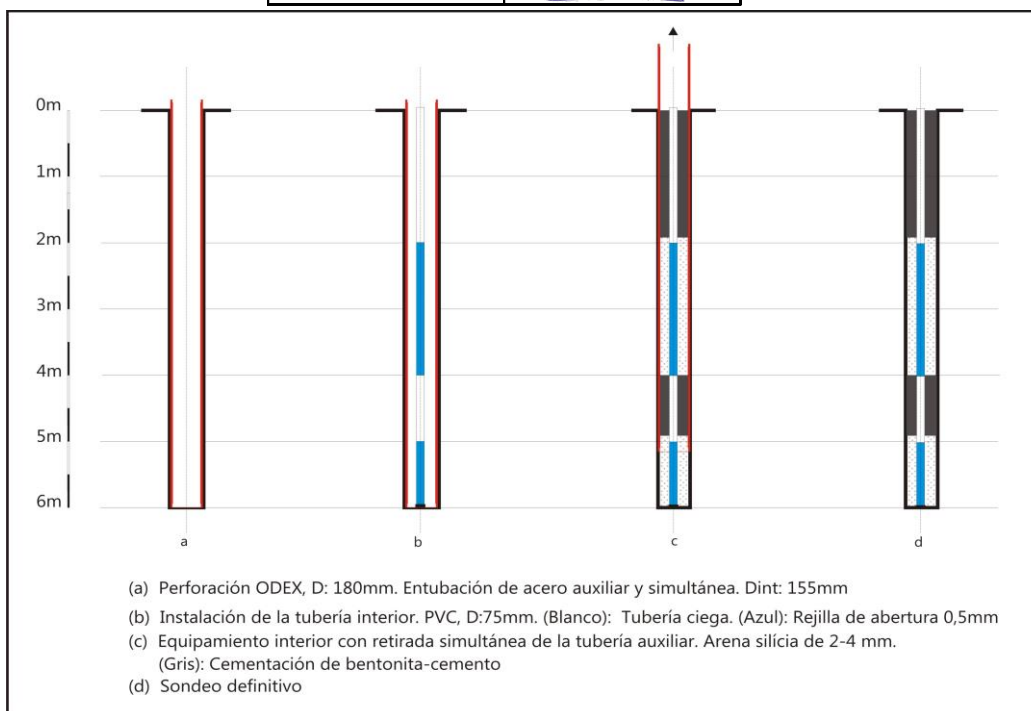


Figura 7. Esquema constructivo de los sondeos

Las características constructivas de los sondeos son:

- Sistema de perforación: Testigo Continuo o rotopercusión tipo ODEX (colocación de tubería de acero auxiliar simultánea)
- Profundidad: 6m
- Diámetro de perforación: 180mm o necesario para entubar.
- Diámetro interior tubería auxiliar: 155mm o necesario para entubar.
- Tubería interior de PVC roscada. Diámetro: 75x67mm
- Filtro de fábrica, abertura 0,5mm. Tramos: 2-4m y 5-6m
- Tapón hermético de rosca en fondo
- Prefiltro de gravilla sílicea. Diámetro 2-4mm
- Cementación con cemento y bentonita: Tramos de: 0-2m y 4-5m

4.1.8 Arquetas

Los sondeos irán equipados con arquetas de hormigón de 0,4 x 0,4 x 0,4m.

4.1.9 Fases de tratamiento

En cada uno de los dos sectores exteriores de trabajo (parque y Palo Alto) se establecerá el siguiente plan de actuación:

- Fase inicial de bombeo y separación de hidrocarburo
- Fase inyección de agua caliente y bombeo y separación de hidrocarburo
- Fase de movilización forzada mediante *air-sparging* y bombeo
- Fase final de movilización forzada y tratamiento mediante reactivos.

Como es lógico y habitual en estos trabajos, las diferentes estrategias que ahora pueden plantearse se verán modificadas según los resultados que se vayan obteniendo.

4.1.9.1. Bombeo y separación de hidrocarburo

a) Objetivo

El objetivo de esta fase es capturar el producto libre fácilmente movilizable, gracias a un campo de bombeo formado por 19 puntos en el sector Palo Alto y 21 puntos en el sector del parque.

Este sistema normalmente sólo es eficiente si se dispone de una red densa de sondeos o de un gran espesor de fase libre. Al ser el espesor de fase libre muy pequeño y con un producto viscoso, si en una semana no se obtienen buenos resultados se deja abierta la posibilidad de recortar el tiempo de extracción física por bombeo y pasar a la siguiente fase.

b) Operatividad

La primera fase consistirá en un bombeo simultáneo y controlado de agua de los sondeos que presenten fase libre, al objeto de acumular por movilización exclusivamente gravitacional la fase libre existente en el sondeo. Será primordial controlar los caudales de extracción dado que se provocará un efecto muy notorio de afección colectiva entre sondeos. El bombeo de agua se prolongará hasta que los espesores de hidrocarburo en fase libre en los sondeos sean suficientes para su extracción o bien se hayan estabilizado. La extracción del hidrocarburo se realizará con el mismo sistema operativo del bombeo, con un ascenso progresivo de la cánula de aspiración.

La **Figura 8** muestra un esquema de la situación hidráulica en esta fase. Como puede observarse los descensos que se provocarán serán inferiores a 1 m y el caudal total de bombeo de agua previsto será del orden de 10-15 m³/h.

El agua hidrocarburada, mezcla de agua e hidrocarburo, será tratada mediante un separadores de hidrocarburos con filtro coalescente, del cual el agua se evacuará a la red de alcantarillado con un contenido en hidrocarburos disuelto por debajo de 15 mg/l que es el límite de vertido permitido.

c) Duración prevista

Está previsto que esta operación dure 3 meses en cada sector (total 6 meses).

4.1.9.2. Inyección de agua caliente y bombeo y separación de hidrocarburo

a) Objetivo

El objetivo de esta fase es forzar la separación del fuel retenido en las arenas mediante la inyección de agua caliente. El sistema es eficiente si se consigue calentar el agua del medio 4 / 5 ° C.

b) Operatividad

La fase de inyección de agua caliente consistirá en una inyección de agua caliente en un punto y bombeo en puntos próximos. Será primordial controlar los caudales de extracción dado que se provocará un efecto muy notorio de afección colectiva entre sondeos. El tratamiento se prolongará hasta que los espesores de

hidrocarburo en fase libre en los sondeos sean suficientes para su extracción o bien se hayan estabilizado. La extracción del hidrocarburo se realizará con el mismo sistema operativo del bombeo, con un ascenso progresivo de la cánula de aspiración.

El agua hidrocarbonada, mezcla de agua e hidrocarburo, será tratada mediante un separadores de hidrocarburos con filtro coalescente, del cual el agua se evacuará a la red de alcantarillado con un contenido en hidrocarburos disuelto por debajo de 15 mg/l que es el límite de vertido permitido.

c) Duración prevista

Está previsto que esta operación dure 3 meses en cada sector (total 6 meses).

4.1.9.3. Movilización con air-sparging y bombeo

a) Objetivo

En el esquema de la **Figura 9** se muestran los efectos de un tratamiento con inyección de burbujas de aire, cuyo objetivo es movilizar el hidrocarburo capturado entre las arenas. La cantidad de hidrocarburo capturado de esta forma "inestable" puede llegar a ser muy importante y está en función del tamaño del grano de las arenas, de la viscosidad del hidrocarburo, de la temperatura, etc.

Los resultados de esta técnica suelen ser muy satisfactorios si se aplica adecuadamente. La aplicación de las burbujas de aire debe ser intermitente y sus efectos controlados a través de la red de puntos dispuestos al alrededor del punto o puntos de inyección.

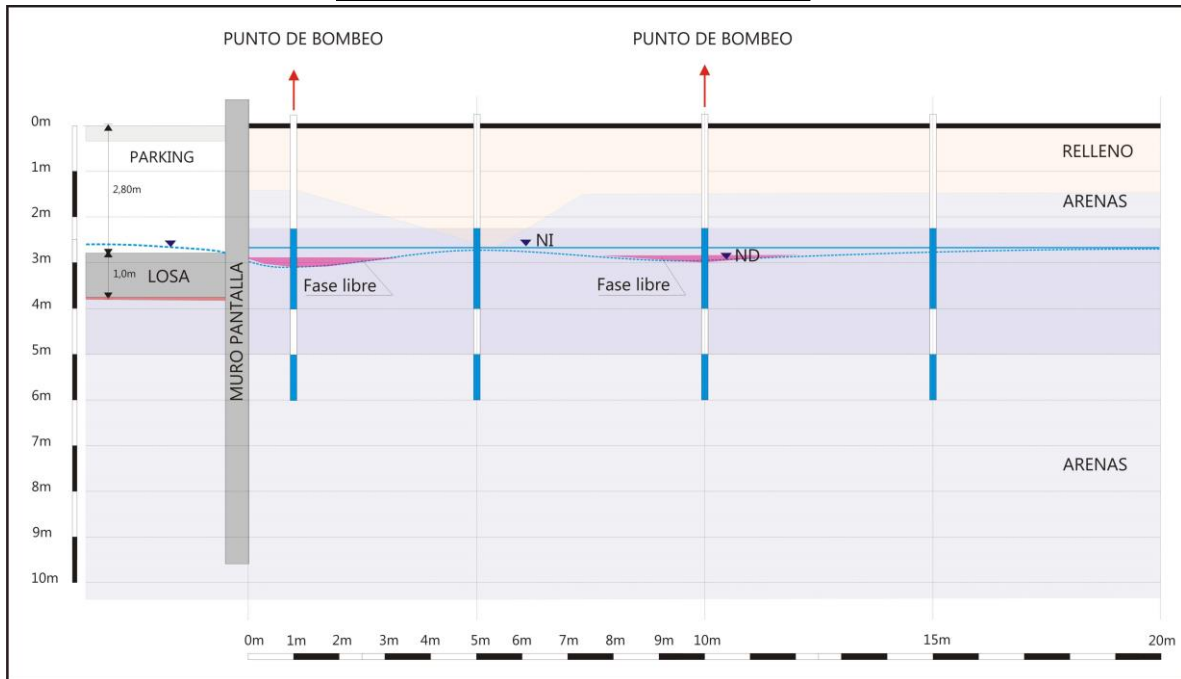


Figura 8. Fase inicial de bombeo y separación de hidrocarburo

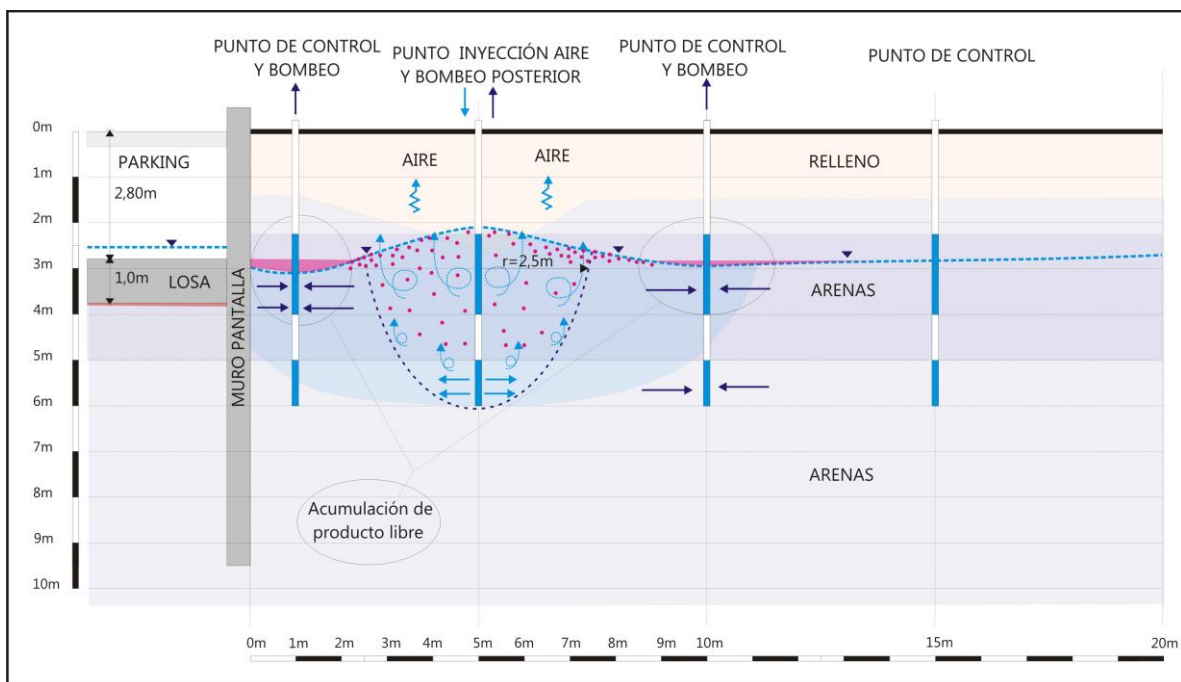


Figura 9. Fase de movilización por air-sparging y bombeo

b) Operatividad

El aire se introduce en sondes especialmente diseñados para que la inyección se realice en los tramos inferiores de la capa contaminada, al objeto de que en su recorrido realice los efectos de movilización deseados. Las presiones necesarias

son muy bajas (<1atm). El caudal de inyección es la variable que deberá controlarse y ajustarse mediante pruebas previas en campo.

El tratamiento de burbujeo será intermitente y alternado con fases de bombeo y separación de hidrocarburo; de esta forma se controlarán la eficiencia de cada pulso, la evolución de la calidad del agua y la fracción de hidrocarburo extraído en cada uno.

El riesgo de esta operación es inexistente, dado que las presiones exigidas dependen sobre todo de la carga hidráulica (que en nuestro caso es de tan solo 0,5 atm) y además los radios de eficiencia necesarios son solo de 2,5 m. El área industrial dispondrá de un compresor que abastecerá a los sondeos a través de la misma red de tuberías que se utilizan para la aspiración de agua.

La inyección de aire se realizará alternadamente en cada uno de los dos sectores; de esta forma, mientras que un sector se trata con aire, el otro será objeto de bombeo. Las inyecciones de aire deben estar controladas y para ello se prevén operaciones de cuatro o cinco sondeos máximo simultáneamente.

c) Duración prevista

Dado que el tratamiento se realizará intermitentemente y alternado con fases de bombeo, se prevé que el conjunto sea de unos tres meses para toda la zona contaminada; es decir, para los 2 sectores.

4.1.9.4. Movilización forzada y tratamiento mediante reactivos

a) Objetivo

El tratamiento con reactivos se centrará en el uso de surfactantes biodegradables, mediante la inyección de la solución a través de los sondeos. Dado que la distribución del hidrocarburo contaminante en el medio es bastante homogénea, la solución activa de surfactante debería distribuirse en el medio también de forma homogénea, para que el contacto se realice de forma eficiente.

La distribución homogénea del surfactante resulta difícil de conseguir, por la sencilla razón de que el medio no es homogéneo desde una perspectiva hidráulica. El movimiento por advección del agua o de la solución, acaba generando circuitos preferenciales que envuelven zonas de terreno por donde prácticamente no circula el agua (islas) o circula tan lentamente que, a efectos prácticos, quedan aislados. Estas islas pueden representar un porcentaje importante de suelo que quedará sin tratar. Con posterioridad al tratamiento se convierten en focos de contaminación relictos, que acaban iniciando de nuevo los procesos lentos de aparición de hidrocarburo en agua, incluso de fase libre.

La inyección de surfactante se realiza en forma de solución acuosa a través de los sondeos y mediante las técnicas que se indican en la **Figura 10** adjunta para distribuir la solución en toda la franja contaminada. Una vez se advierta que la solución ha alcanzado a los sondeos anexos, cesará la inyección de solución y se procederá a una inyección de aire desde el tramo inferior de rejilla de los sondeos que requiera el caso. El objetivo es asegurar que los caminos preferenciales del flujo del agua sean distorsionados y se consiga una mayor penetrabilidad de la solución a través de la circulación de aire ascendente.

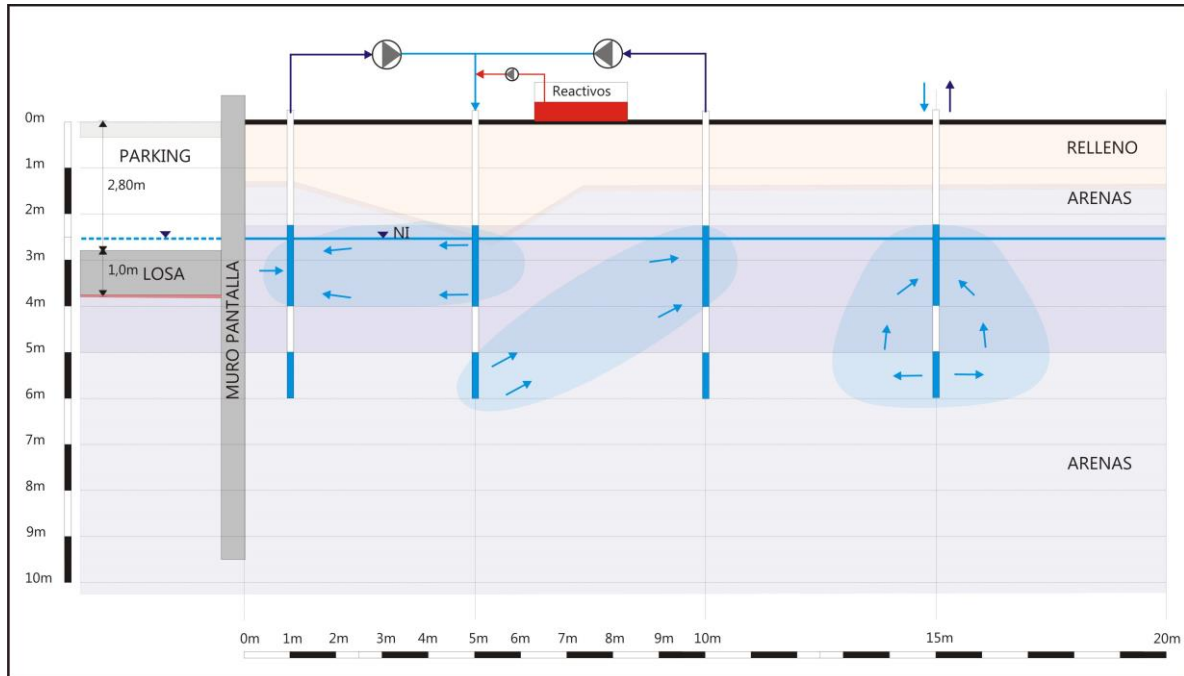


Figura 10. Fase de movilizació forçada y tratamiento mediante surfactantes

b) Operatividad

En la Figura 9 adjunta se plantea la inyección a través de la rejilla superior o inferior y el bombeo simultáneo desde los sondeos próximos hasta que se establezca la conexión hidráulica deseada. Las estimaciones según la velocidad de flujo, para que se produzca la conexión es de unas 4-5 horas. Una vez conseguida la conexión hidráulica completa⁴ se detendrá la inyección y se realizará una movilización mediante el burbujeo de aire.

Las inyecciones de aire deben realizarse en los tramos más profundos de rejilla, para lo cual se trabajará con obturadores que aseguren que la inyección sea selectiva y efectiva. Tras esta fase de inyección de aire, se medirán los espesores de fase en los sondeos involucrados y se procederá al bombeo de agua, hidrocarburo y surfactante para su tratamiento en el área industrial.

c) Duración prevista

Se prevé una duración para esta fase de 3 meses para los dos sectores exteriores.

⁴ La inyección de surfactante se realizará de forma dosificada a un circuito de recirculación de agua, de tal forma que la solución recorrerá estrictamente el volumen de suelo deseado hasta conseguir una concentración constante. Se estiman caudales del orden de 2-3 m³/h.

4.1.9.5. Biorremediación

De la misma forma que en el sector interior, tras la reducción de la fase libre de fueloil mediante procesos físicos y físico-químicos (arrastre, movilización con surfactantes y aireación), se proponen medidas de biorremediación mejorada, con bioaugmentación y bioestimulación.

Tras una primera inyección de soluciones de nutrientes y microorganismos en suspensión, con una dosificación parecida al sector interior, deberá seguirse la evolución de la biorremediación, observando su decaimiento y la oportunidad de nuevas inyecciones o aireaciones.

4.2. ÁREA INDUSTRIAL

El área industrial se ubicará en la plaza de Jardins de Remedios Varó. Ver **Figura 6**.

Se requerirá de un espacio de 1.000 m², este espacio estará delimitado por una valla opaca de 3 metros de altura. Estos 1.000 m² podrían verse reducidos en el caso de comprobarse que la zona contaminada abarca menos superficie que la contemplada inicialmente.

En la zona delimitada se ubicará la gran mayoría de los piezómetros, así como los equipos de tratamiento como los elementos auxiliares necesarios: zona de almacenaje de consumibles, reactivos y bidones, oficina y baños. Los equipos más sensibles se ubicarán dentro de un contenedor de 6 m x 3 m.

Para la conexión entre el parque público y la zona de Palo Alto se construirá un acceso en el muro que divide las dos parcelas para el paso de las tuberías y conexiones eléctricas.

Se prevé la instalación de los siguientes equipos:

- 26 electrobombas autoaspirantes.
- Colector de entrada provisto de contadores por línea y sistema de regulación.
- 1 deposito decantador desarenador de 3.000 litros
- 2 separadores de hidrocarburos capaz de tratar 3 l/s y que garantiza un vertido de agua con una tasa inferior a 5 mg/l en hidrocarburos totales.
- 4 skimmer de cinta para la recuperación de la fase acumulada en los separadores de hidrocarburos
- 2 skimmer de cinta para desnatar la fase libre acumulada en los piezómetros.
- 1 depósito para realizar mezclas de surfactantes, de 1.000 litros de capacidad.
- 1 electrobomba para recirculación y mezcla de surfactantes e inyección en los piezómetros.
- 3.000 ml de tubería de PEAD DN32 DN10 para la instalación de los circuitos de bombeo de agua/fase libre entre piezómetros y planta de tratamiento, impulsión de agua caliente/surfactante entre planta de tratamiento y piezómetros y circuito de aire comprimido entre planta de tratamiento y piezómetros.
- Sistema de generación de agua caliente, capaz de proporcionar 5.000 l/h a 40 °C.

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

- Armario eléctrico para la regulación y control del sistema.
- 1000 ml de cableado eléctrico para la conexión entre las bombas y el cuadro de maniobra y control

El vertido del agua de los separadores se conectará con el circuito de drenaje de agua limpias del edificio, que dispondrá de un contador volumétrico para contabilizar el agua tratada.

La alimentación de agua limpia se llevará a cabo desde el sistema de jardinería del recinto de Palo Alto.

Se prevé un consumo energético de 20 kw. Se solicitará a la compañía eléctrica un armario de obra para el suministro eléctrico del área de tratamiento

4.3. MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA ACTUACIÓN

Para que con la actuación se consiga la máxima efectividad, es fundamental el control y la regulación diaria y continua de la instalación, así como el análisis de la evolución de los datos. En función de ese control y del análisis posterior, se deberán tomar decisiones oportunas para optimizar los resultados (cambio del régimen de bombeo o de infiltración, cambio de fase o de sector, etc.). No se puede insistir en estrategias que no son eficientes por la falta de asistencia técnica adecuada, pues resulta una práctica carísima.

Por esta razón y por la complejidad que supone la extensa red de actuación propuesta, se considera necesaria la dedicación de un equipo de 2 técnicos a tiempo completo en el emplazamiento.

El mantenimiento y control en campo incluirá, brevemente:

- La revisión diaria del correcto funcionamiento del sistema de bombeo.
- El aforo diario del caudal y del volumen de agua hidrocarburada extraídos punto por punto y globalmente en el sector en el que se esté trabajando.
- La inspección diaria del aspecto del agua hidrocarburada bombeada y del agua vertida.
- La inspección diaria de la fase libre acumulada en los separadores de hidrocarburos y su trasvase a los bidones de almacenamiento provisional cuando el espesor supere los 20 cm.
- La medida semanal del nivel del agua subterránea y de los espesores de fase libre.
- Regulación de los caudales o cambios de configuración, en caso necesario.
- La preparación y ejecución de las operaciones de inyección de aire y de aporte de solución surfactante.

Además, se deberá abordar un control analítico que incluirá el muestreo y análisis de los hidrocarburos (TPH C10-C40) en:

- El agua vertida con una frecuencia quincenal.

- El agua subterránea en 5-10 puntos de la red de piezómetros de control del agua subterránea con una frecuencia mensual.

El seguimiento en oficina incluirá, brevemente:

- El análisis de la eficiencia de extracción de hidrocarburo en el sector de trabajo (fase libre y/o agua hidrocarbonada), incluyendo los efectos hidráulicos conseguidos y la mejora de la calidad del acuífero.
- El análisis para justificar los cambios de actuación de sector y/o de estrategia o fase de tratamiento.
- La elaboración de informes mensuales donde se detallarán los trabajos realizados y los resultados obtenidos en campo y laboratorio, incluyendo las citadas valoraciones de eficiencia y justificación de los cambios en la actuación.

5. PLAN DE TRABAJOS Y CRONOGRAMA

Partiendo de la experiencia que está obteniendo la empresa **INVETEM S.L.** en los trabajos de remediación en el interior de aparcamiento del edificio, se contempla el siguiente cronograma de actuación, no obstante, los plazos de ejecución y duración de cada una de las fases pueden verse alterados según la evolución de los trabajos.

Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Perforación de sondeos zona exterior a) Preparación - Replanteamiento en campo de la ubicación exacta de cada punto - Instalación de la valla de protección y seguridad en todo el perímetro - Accesos y desbroce para paso de camión a cada punto b) Perforación - Perforación e instalación - Gestión de las tierras excavadas c) Datos de base - Topografía - Campaña de medidas y plano piezométrico inicial - Toma de muestras de agua y análisis																								
Instalación del área industrial. - Instalación acometida eléctrica - Instalación de puntos de bombeo - Red de extracción e inyección - Instalación y puesta en servicio los elementos para el tratamiento																								
Fase 1. Bombeo y extracción de fase libre - Bombeo independiente en cada uno de los 2 sectores - Observación en el sector sin actuación para evaluación de resultados)																								
Fase 2. Inyección de agua caliente y bombeo - Bombeo independiente en cada uno de los 2 sectores - Observación en el sector sin actuación para evaluación de resultados)																								
Fase 3. Air-sparging y bombeo - Bombeo independiente en cada uno de los 2 sectores - Observación en el sector sin actuación para evaluación de resultados)																								
Fase 4. Movilización forzada y bioremediación - Bombeo independiente en cada uno de los 2 sectores - Observación en el sector sin actuación para evaluación de resultados)																								
Limpieza y recogida																								

6. PRESUPUESTO

6.1. RED DE PUNTOS DE ACTUACIÓN

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Construcción acceso y traslado de maquinaria	ud	2.400,00 €	1	2.400,00 €
Construcción 51 puntos de 6 m	ml	220,75 €	306	67.549,50 €
Caracterización tierras	ud	2.630,00 €	1	2.630,00 €
Gestión como residuo	t	166,00 €	3	498,00 €
Documentación y seguimiento	pa	290,00 €	1	290,00 €
Alquiler contenedor, recuperación tierras	ud	340,00 €	3	1.020,00 €
Cabezales	ud	500,00 €	51	25.500,00 €
Valla de chapa área industrial	ml	144,35 €	60	8.661,00 €
Topografía	ud	2.400,00 €	1	2.400,00 €
Análisis agua subterránea (TPH)	ud	206,15 €	30	6.184,50 €
Supervisión en campo	pa	10.465,65 €	1	10.465,65 €
Ingeniería	pa	10.155,00 €	1	10.155,00 €
Imprevistos	pa	14.146,85 €	1	14.146,85 €
Subtotal				151.528,30 €

6.2. ÁREA INDUSTRIAL

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Acometida eléctrica con la compañía	pa	26.250,00 €	1	26.250,00 €
Armario eléctrico de control y regulación	ud	43.750,00 €	1	43.750,00 €
Cable acometida eléctrica	ud	175,00 €	30	5.250,00 €
Transporte, carga y descarga equipos	ml	2.625,00 €	1	2.625,00 €
Tubería PEAD DN32	ml	1,24 €	3000	3.720,00 €
Cableado bombas autoaspirantes	ml	7,00 €	1000	7.000,00 €
Conexión agua de red y contador	pa	1.750,00 €	1	1.750,00 €
Conexión agua de vertido	pa	2.406,25 €	1	2.406,25 €
Circuito aire comprimido	pa	2.625,00 €	1	2.625,00 €
Separador de hidrocarburos	ud	11.847,50 €	2	23.695,00 €
Deposito decantador 3000l	ud	7.875,00 €	1	7.875,00 €
Depósito mezcla	ud	5.250,00 €	1	5.250,00 €
Bomba recirculación	ud	1.531,25 €	1	1.531,25 €
Contadores y equipos de medida	pa	1.400,00 €	1	1.400,00 €
Bomba trasiegos	ud	1.793,75 €	1	1.793,75 €
Skimmer pozos	ud	8.750,00 €	2	17.500,00 €
Skimmer área industrial 50 mm x 150 cm	ud	3.211,25 €	4	12.845,00 €
Sistema de agua caliente	ud	26.250,00 €	1	26.250,00 €
Bomba autoaspirante	ud	542,50 €	26	14.105,00 €
Montaje y conexión	ud	17.250,00 €	1	17.250,00 €
Material de montaje, PEAD, PVC, Metal	pa	14.375,00 €	1	14.375,00 €
Ingeniería - técnico especialista	pa	11.700,00 €	1	11.700,00 €
Imprevistos	pa	12.317,31 €	1	12.317,31 €
Subtotal				263.263,56 €

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

6.3. OPERACIÓN – FASE 1. BOMBEO Y EXTRACCIÓN DE FASE LIBRE

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Personal operación	mes	12.236,00 €	7,0	85.652,00 €
Mantenimiento / reparaciones	mes	1.197,00 €	7,0	8.379,00 €
Análisis agua vertido (TPH)	ud	206,15 €	12,0	2.473,80 €
Análisis agua bombeada (TPH)	ud	206,15 €	60,0	12.369,00 €
Contenedor/almacén	mes	435,00 €	7,0	3.045,00 €
WC	mes	145,00 €	7,0	1.015,00 €
Alarma	mes	72,50 €	7,0	507,50 €
Absorbentes, Sepiolita	pa	290,00 €	7,0	2.030,00 €
Gestión HC	t	1,24 €	2000,0	2.480,00 €
Contratación Servicio de Seguridad noches y fin de semana	ud	3.881,25 €	1,0	3.881,25 €
Garita vigilante	mes	139,68 €	1,0	139,68 €
Consumo energético	mes	6.630,00 €	1,0	6.630,00 €
Ingeniería	mes	2.760,00 €	7,0	19.320,00 €
Subtotal				147.922,23 €

6.4. OPERACIÓN – FASE 2. INYECCIÓN DE AGUA CALIENTE Y BOMBEO

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Personal operación	mes	12.236,00 €	6,0	73.416,00 €
Mantenimiento / reparaciones	mes	1.197,00 €	6,0	7.182,00 €
Análisis agua vertido (TPH)	ud	206,15 €	12,0	2.473,80 €
Análisis agua bombeada (TPH)	ud	206,15 €	60,0	12.369,00 €
Contenedor/almacén	mes	435,00 €	6,0	2.610,00 €
Butano	l	725,00 €	6,0	4.350,00 €
WC	mes	145,00 €	6,0	870,00 €
Alarma	mes	72,50 €	6,0	435,00 €
Absorbentes, Sepiolita	pa	290,00 €	6,0	1.740,00 €
Gestión HC	t	1,24 €	2000,0	2.480,00 €
Contratación Servicio de Seguridad noches y fin de semana	ud	3.881,25 €	1,0	3.881,25 €
Garita vigilante	mes	139,68 €	1,0	139,68 €
Consumo energético	mes	6.630,00 €	1,0	6.630,00 €
Ingeniería	mes	2.760,00 €	6,0	16.560,00 €
Subtotal				135.136,50 €

6.5 OPERACIÓN – FASE 3. AIR-SPARGING Y BOMBEO

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Personal operación	mes	12.236,00 €	3,0	36.708,00 €
Mantenimiento / reparaciones	mes	1.197,00 €	3,0	3.591,00 €
Análisis agua vertido (TPH)	ud	206,15 €	12,0	2.473,80 €
Análisis agua bombeada (TPH)	ud	206,15 €	30,0	6.184,50 €

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Contenedor/almacén	mes	435,00 €	3,0	1.305,00 €
WC	mes	145,00 €	3,0	435,00 €
Alarma	mes	72,50 €	3,0	217,50 €
Absorbentes, Sepiolita	pa	290,00 €	3,0	870,00 €
Gestión HC	t	1,24 €	2000,0	2.480,00 €
Contratación Servicio de Seguridad noches y fin de semana	ud	3.881,25 €	1,0	3.881,25 €
Garita vigilante	mes	139,68 €	1,0	139,68 €
Consumo energético	mes	6.630,00 €	1,0	6.630,00 €
Alquiler compresor alta	dia	121,50 €	90,0	10.935,00 €
Gasoil	pa	1,78 €	9000,0	16.020,00 €
Ingeniería	mes	2.760,00 €	3,0	8.280,00 €
Subtotal				100.150,73 €

6.6. OPERACIÓN – FASE 4. MOVILIZACIÓN FORZADA Y BIOREMEDIACIÓN

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Personal operación	mes	12.236,00 €	3,0	36.708,00 €
Mantenimiento / reparaciones	mes	1.197,00 €	3,0	3.591,00 €
Análisis agua vertido (TPH)	ud	206,15 €	12,0	2.473,80 €
Análisis agua bombeada (TPH)	ud	206,15 €	30,0	6.184,50 €
Contenedor/almacén	mes	435,00 €	3,0	1.305,00 €
WC	mes	145,00 €	3,0	435,00 €
Alarma	mes	72,50 €	3,0	217,50 €
Absorbentes, Sepiolita	pa	290,00 €	3,0	870,00 €
Gestión HC	t	1,24 €	2000,0	2.480,00 €
Contratación Servicio de Seguridad noches y fin de semana	ud	3.881,25 €	1,0	3.881,25 €
Garita vigilante	mes	139,68 €	1,0	139,68 €
Consumo energético	mes	6.630,00 €	1,0	6.630,00 €
Surfactante	L	8,45 €	6000	50.700,00 €
Consortio bacteriano y nutrientes	pa	18.500,00 €	1,0	18.500,00 €
Ingeniería	mes	2.760,00 €	3,0	8.280,00 €
Subtotal				142.395,73 €

6.7 Desmontaje y restauración

Concepto		Precio unitario	Ud	Precio
Desmontaje y restauración	pa	10.600,00 €	1	10.600,00 €
Subtotal				10.600,00 €

6.8 Resumen del presupuesto

Fase	Precio mensual	Mes	Precio
Construcción red de actuación exterior	-	2,0	151.528,30 €
Instalación y puesta a punto del área industrial	-	2,0	263.263,56 €
Fase 1. Bombeo y extracción de hidrocarburo	21.131,75 €	7,0	147.922,23 €
Fase 2. Inyección de agua caliente y bombeo	22.522,75 €	6,0	135.136,50 €
Fase 3. Air-sparging y bombeo	33.383,58 €	3,0	100.150,73 €
Fase 4. Movilización forzada y biorremediación	47.465,24 €	3,0	142.395,73 €
Desmontaje y restauración	10.600,00 €	1,0	10.600,00 €
Total		24,0	950.997,05 €

El presupuesto descrito incluye los gastos generales (13%) y el beneficio industrial (6%), pero no incluye el IVA correspondiente.

El presupuesto incluye:

- Medidas de seguridad y salud en los trabajos
- Acometidas de energía y agua
- Consumo de energía y agua

Por **ASSESSORIA TÈCNICA DEL SÒL S.L.**,

Barcelona, a jueves 26 de enero de 2023

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 

7. ANEJOS

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 

7.1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LOS TRABAJOS DE DICIEMBRE 2021



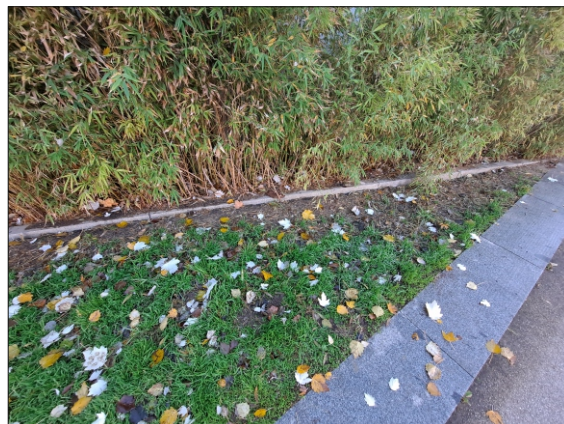
Ubicació T.S-1.



Detalle T.S-1



Ubicación teórica P1



Ubicación PZA



Detalle PZA



Ubicación teórica T.S-5

Título del proyecto:

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varó de Barcelona. -MA3621.2021-

Anexo 7.1.:

Reportaje fotográfico

Fecha:

Enero 2023

Dibujado: V. Oliveras

Revisado: R. Pérez



Ubicación teórica T.S-6



Ubicación P2



Medida al punto P2



Detalle de la sonda después de medir al P2.
 Observar la presencia de restos vegetales



Ubicación teórica T.S-7



Ubicación teórica PZI

Título del proyecto:

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varó de Barcelona. -MA3621.2021-

Anexo 7.1.:

Reportaje fotográfico

Fecha:

Enero 2023

Dibujado: V. Oliveras

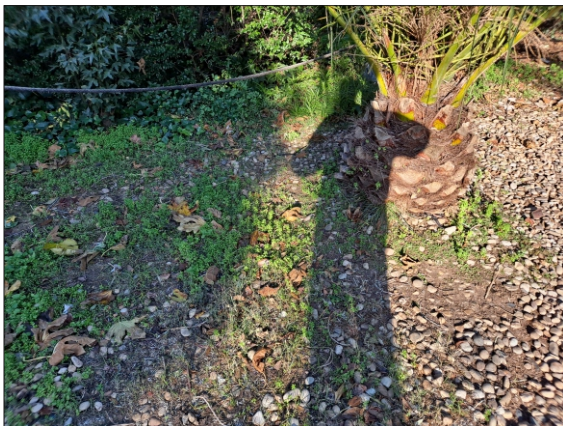
Revisado: R. Pérez



Ubicación teórica PZB



Ubicación teórica PZh



Ubicación teórica PZC



Ubicación PZg



Detalle PZg

Título del proyecto:

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varó de Barcelona. -MA3621.2021-

Anexo 7.1.:

Reportaje fotográfico

Fecha:

Enero 2023

Dibujado: V. Oliveras

Revisado: R. Pérez



Ubicación PZE



Detalle PZE



Ubicación teórica PZD



Detalle arqueta ?



Ubicación ?

Título del proyecto:

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varó de Barcelona. -MA3621.2021-

Anexo 7.1.:

Reportaje fotográfico

Fecha:

Enero 2023

Dibujado: V. Oliveras

Revisado: R. Pérez

7.2. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 

Para la valoración de este documento se ha tenido en cuenta los siguientes documentos legislativos y protocolos.

- UNO-EN ISO/IEC 17020. Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección (2012)
- Decreto 60/2015, de 28 de abril, sobre las entidades colaboradoras de medio ambiente (Departamento de territorio y sostenibilidad – Generalitat de Catalunya, 2015)
- Investigación preliminar de la calidad del subsuelo - Requisitos mínimos (Agencia de Residuos de Cataluña, Agencia Catalana del Agua, Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya, 2017)
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establecen la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados (Ministerio de la Presidencia – Gobierno de España, 2005).
- Ley 5/2017, del 28 de marzo, de medidas fiscales, administrativas, financieras y del sector público y de creación y regulación de los impuestos sobre grandes establecimientos comerciales, sobre estancias en establecimientos turísticos, sobre elementos radiotóxicos, sobre bebidas azucaradas envasadas y sobre emisiones de dióxido de carbono.
- Norma francesa. XP P94-202. Solos: reconnaissance te essais - Prélèvement desde solos te desde roches - Méthodologie te procédures (Association Française de Normalisation, 1995).
- Criterios de aplicación de los valores genéricos para la restauración de aguas subterráneas en emplazamientos contaminados por fuentes de origen puntual (Agencia Catalana del Agua, 2009).
- Guía de instalación de piezómetros. Evaluación de la calidad de aguas subterráneas en episodios de contaminación de origen puntual. (Agencia Catalana del Agua, 2009).
- Protocolo: muestreo de aguas subterráneas. Guía práctica. (Agencia Catalana del Agua, 2005).
- Instrucciones técnicas para el análisis de riesgo para la salud humana en el ámbito del Real Decreto 9/2005 de 14 de enero en la Comunidad de Madrid (Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio - Comunidad de Madrid, 2011)
- Valores genéricos para la restauración de aguas subterráneas en emplazamientos contaminados por fuentes de origen puntual. QUASAR – IV: Nous contaminants i anàlisi de sensibilitat (Agència Catalana de l'Aigua – Departament de Medi Ambient i habitatges, 2010).

Actualización del plan de mejora ambiental del subsuelo en el entorno de los Jardins Remedios Varo de Barcelona. MA3621.2021

	IL·LUSTRE COL·LEGI OFICIAL DE GEÒLEGS INFORME SUPERVISAT ESTUDI I PROJECTE SUPERVISAT AMB ASSEGURANÇA DE RESPONSABILITAT CIVIL
Data : 03/03/2023 Foli: 5230125R0 Núm: SV-05230125/00 Col·legiat : Ramon Perez Mir[ET AL] Inscrit amb el nº : 2601	
Pot consultar la validesa del documente accedint a http://icog.e-visado.net/csv/8D1ZY99Y0QOCN	
	El secretari 

- Protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación puntual. Borrador (Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico. Gobierno de España, 2021)